

SLIDER FLOATING ANALYSIS DEVICE

Patent Number: JP7198553
Publication date: 1995-08-01
Inventor(s): ISHII MIEKO; others: 01
Applicant(s): HITACHI LTD
Requested Patent: JP7198553
Application Number: JP19940000003 19940104
Priority Number(s):
IPC Classification: G01M19/00; G11B21/21
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide a floating analysis device which can accurately calculate the floating of a slider by analyzing the floating of a magnetic disk head slider for obtaining the floating attitude of the slider.

CONSTITUTION: This device with data input devices 3 and 4 for reading data regarding fluid or structure, a floating analysis device 7 for obtaining a solution by solving an equation expressing the characteristics of the fluid and structure based on the input data, and a result output device 8 for outputting an analysis result in the floating analysis device 7 is provided with a surface speed difference operation device 5 for obtaining the surface speed at a region of structure which is divided into small pieces and a surface speed difference discrimination device 6.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-198553

(43) 公開日 平成7年(1995)8月1日

(51) IntCl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 M 19/00	Z			
G 1 1 B 21/21	M	8224-5D		

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-3

(22) 出願日 平成6年(1994)1月4日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 石井 美恵子

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 尾高 聡子

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

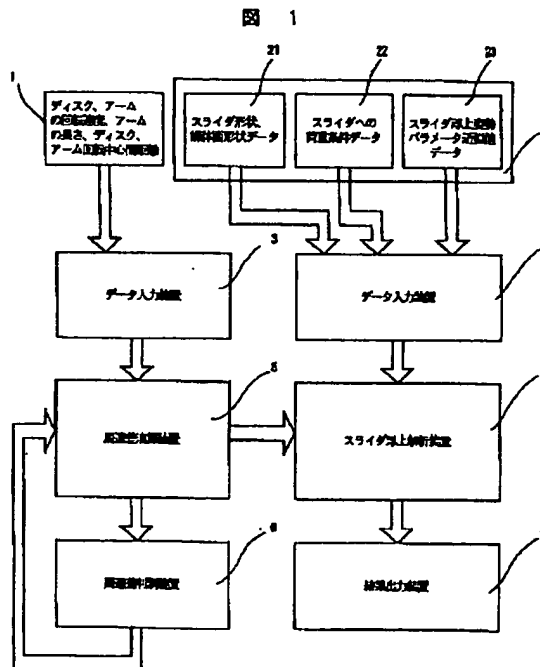
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 スライダの浮上解析装置

(57) 【要約】

【目的】 スライダの浮上姿勢を求める磁気ディスクヘッドスライダの浮上解析を行うものにおいて、スライダの正確な浮上計算を行うことができる浮上解析装置を提供する。

【構成】 流体、または、構造物に関するデータを読み込むためのデータ入力装置3、4と、入力されたデータに基づき、流体、及び、構造物の特性を表す方程式を解くことによりその解を求める浮上解析装置7と、その浮上解析装置7における解析結果を出力する結果出力装置8を備えた浮上解析装置に、構造物の微小に分割された領域での周速を求める周速差演算装置5、及び、周速差別装置6を設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】流体、ヘッドスライダ、または、ディスクに関するデータを読み込むためのデータ入力装置と、前記入力装置によって入力されたデータに基づき、前記流体、前記ヘッドスライダ、及び、前記ディスクの特性を表わす方程式を連立させて解くことによりその解を求める浮上解析装置と、前記浮上解析装置で解析された解析結果を出力する出力装置から成る浮上解析装置において、前記入力装置から入力されたデータに基づき、前記ヘッドスライダの走行速度を求める演算装置を設けたことを特徴とするスライダの浮上解析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気ディスク装置における磁気変換機（磁気ヘッド）を備えるスライダの浮上解析装置に係り、特に、磁気ディスク装置、及び、フロッピディスク装置において、スライダの浮上現象を解析する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、スライダの浮上現象の数値解析は、特開平4-283647号公報に開示されるように、スライダ形状、スライダへの荷重条件、ディスクの面粗さに関するデータ、周波数データ等を入力して、スライダの形状、及び、浮上姿勢（例えば、最低浮上すぎまとスライダのピッチング、ローリング角）を設定し、スライダと媒体面の微小すぎまに発生する空気、または、任意の流体の滑り流れによる圧力を規定する基礎方程式（偏微分方程式、非線形）を有限要素法、もしくは、差分法などの手法によって解き、それによって求まる圧力分布を用いて、スライダの軸受性能を明らかにする方法をとっている。また、この数値解析を用いて種々のスライダ浮上姿勢に関するデータを集積し、スライダの荷重条件を満足する浮上姿勢を求めるといった手法をとっていた。この荷重条件とは、例えば、スライダの荷重、及び、荷重位置の指定や、スライダの特定位置において浮上量と支持位置が指定されることを意味する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術は、スライダ形状、スライダへの荷重条件、ディスクの面粗さに関するデータ、周波数データ等を入力して、スライダの形状、及び、浮上姿勢（例えば、最低浮上すぎまとスライダのピッチング、ローリング角）を設定し、スライダと媒体面の微小すぎまに発生する空気、または、任意の流体の滑り流れによる圧力を規定する基礎方程式（偏微分方程式、非線形）を有限要素法、もしくは、差分法などの手法によって解き、それによってスライダの圧力分布を求める際に、スライダ上の微小に分割された各領域のディスク回転中心からの距離の違いによるスライダ対抗面相対速度差について（以下、これをディスク周速差と呼ぶ）考慮されておらず、特にヨー角が大きい場合

や、スライダがディスク回転中心に近く、浮上量が小さい場合に、正確な浮上量が求められないなどの問題点があった。

【0004】また、磁気ディスク装置の大容量化に伴って磁気ディスク及びスライダの大きさはますます小さくなり、スライダの浮上量もさらに低下するため、より正確で高精度な浮上計算を行う必要があり、そのためにもディスク周速差を考慮したスライダ浮上解析計算を行う必要がある。

【0005】本発明の目的は、このような問題点を解決し、ディスクが小さく浮上量が小さい場合や、スライダのヨー角が大きくなって浮上量が低下し、より正確な計算が必要とされる場合においても、高精度な計算を行うスライダ浮上解析装置を提供するにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、流体、または、ヘッドスライダ、または、ディスクに関するデータを読み込むためのデータ入力装置と、前記データ入力装置によって入力されたデータに基づき、前記流体、前記ヘッドスライダ、及び、前記ディスクの特性を表わす方程式を連立させて解くことによりその解を求める浮上解析装置と、前記浮上解析装置で解析された解析結果を出力する結果出力装置から成る浮上解析装置において、前記入力装置から入力されたデータに基づき、前記ヘッドスライダの走行速度を求めるスライダの周速差演算装置、及び、周速差判別装置を設ける。

【0007】

【作用】スライダ浮上解析装置において、スライダ形状、スライダへの荷重条件、面粗さに関するデータ、周波数データ等がデータ入力装置より入力され、浮上解析装置に渡される。

【0008】また、ディスク回転速度、アーム回転速度、アームの長さ、ディスク回転中心とアーム回転中心間の距離等のデータがデータ入力装置より同時に入力され、ディスク周速差演算装置に渡される。

【0009】ディスク周速差演算装置において、スライダを微小領域に分割した場合の各部分のディスク周速が計算され、スライダ上の周速分布が求められる。このスライダ上のディスク周速分布は、次に周速差判別装置に出力される。

【0010】周速差判別装置では、ディスク周速差の大小によりスライダの走行速度をディスク周速分布で表わすか、または、代表的な一点のディスク周速で表わすかを判別し、その判別結果を周速差演算装置にフィードバックする。

【0011】周速差演算装置では、その判別結果に基づいてスライダ走行速度を決定し、浮上解析装置にスライダ走行速度を出力する。

【0012】浮上解析装置では、これらスライダの走行

3

速度、及び、入力装置より入力された種々のデータをもとに、各々の領域の発生圧力、及び、浮上量を未知数とし、空気膜の圧力に関する方程式とスライダの浮上量に関する方程式を連立させて有限要素法により解くことによって、スライダの浮上解析計算を行う。その計算結果は、解析結果として結果出力装置に出力される。

【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

【0014】図1は、本発明のスライダ浮上解析装置の一実施例を示すもので、この図において、1はディスク、アームの回転速度、アームの長さ、ディスク、アーム回転中心間距離、及び、後に述べるしきい値“A”等のデータを記憶する第一の記憶手段、2はスライダに関連するデータを記憶する第二の記憶手段で、この第二の記憶手段2は、スライダ形状、媒体面形状データを記憶する記憶部21と、スライダへの荷重条件のデータを記憶する記憶部22と、スライダ浮上姿勢パラメータの近似値のデータを記憶する記憶部23とを備えている。

【0015】3は第一の記憶手段1に記憶されたデータを取り込むためのデータ入力装置、4は第二の記憶手段2に記憶されたデータを取り込むためのデータ入力装置、5はデータ入力装置3からのデータに基づいて媒体の周速差を演算する周速差演算装置、6は周速差演算装置5で演算された媒体の周速差と入力装置3から入力されたしきい値とを比較し、判別する周速差判別装置、7はデータ入力装置4からのデータと周速差演算装置5から出力された周速差のデータをもとにスライダの浮上解析計算を行うスライダ浮上解析装置、8はスライダ浮上解析装置7から出力される解析結果情報を出力、表示する結果出力装置である。

【0016】さらに、詳しく述べると、データの入力装置3及び4は、解析対称領域を複数の簡単な形状の要素に、分割してできる節点、及び、要素と、空気膜、スライダ、ディスクなどの各種物性値と、境界条件のデータ（空気膜の厚さ h 、分子の平均自由行程 λ 、大気圧 P_0 、空気の粘性係数 μ 、荷重条件等）等の入力データを入力する手段、例えば、キーボードなどである。

【0017】次に、本発明の装置の一実施例の動作を説明する。

【0018】まず、ディスクとアームの回転速度、アームの長さ、ディスク、アーム回転中心間距離、及び、後に述べるしきい値“A”等の入力データが、第一の記憶手段1に記憶され、データ入力装置3より入力される。

【0019】データ入力装置3より入力された入力データは、周速差演算装置5に渡され、スライダの微小に分割された各領域、もしくは、点におけるディスク周速が計算され、周速差判別装置6に出力される。

【0020】周速差判別装置6では、計算されたディスク周速差の大小によってスライダの走行速度をディスク

4

周速分布で表わすか、または、代表的な一点のディスク周速で表わすかを判別し、その判別結果を周速差演算装置5にフィードバックする。

【0021】周速差演算装置5では、その判別結果に基づいてスライダ走行速度を決定し、浮上解析装置7にスライダ走行速度を出力する。

【0022】また、第二の記憶手段2に記憶されるスライダに関連する種々のデータは、データ入力装置4より入力され、スライダ浮上解析装置7に渡される。

【0023】浮上解析装置7では、これらスライダの走行速度データ、及び、入力装置4より入力された種々のデータをもとに、図2に示した計算方法の一例に従って、各々の領域の発生圧力、及び、浮上量を未知数とし、空気膜の圧力に関する方程式とスライダの浮上量に関する方程式を連立させて有限要素法により解くことによって、スライダの浮上解析計算を電子計算機に実行させる。その結果、スライダの浮上姿勢、負荷特性、圧力分布等が求められる。その計算結果は、解析結果情報として結果出力装置8に渡され、画像データ、もしくは、数値データとして表示装置に出力される。

【0024】さらに詳しく周速差演算装置5、及び、周速差判別装置6で行われる処理について説明する。

【0025】図3は周速差演算装置5、及び、周速差判別装置6で行われる計算方法のアルゴリズムを示す図である。

【0026】周速差演算装置5、及び、周速差判別装置6では以下のアルゴリズムでスライダ走行速度を求める。

【0027】まず、入力データとして、ディスク回転中心からアーム回転中心までの距離 L 、アームの長さ r 、ディスク回転速度 ω_d 、アーム回転速度 ω_c 、ディスク座標系に対するアームの傾き角度 ψ_s 、アーム座標系に対するスライダの傾き角度 ψ_s が周速差演算装置5に読み込まれる（ステップ301）。

【0028】次に、スライダを微小領域に分割して、各部分におけるディスク周速を計算し、スライダ上の周速分布を求める。この計算方法については、後で示す（ステップ302）。

【0029】次に、ステップ302で求めた各微小領域における周速を比較して、ディスク周速の最大値 $V_{\max}$ と最小値 $V_{\min}$ 、及び、 $(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\min}$ を求める（ステップ303）。

【0030】最後に、ステップ303で計算した $(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\min}$ と、入力データとしてあらかじめ入力されたしきい値“A”とを比較をして、 $(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\min} > A$ ならば、スライダ全体の速度を、微小領域に分割した場合の各部分のディスク周速で表わす。また、 $(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\min} \leq A$ ならば、スライダ全体の速度をスライダ上の一点の周速で代表させて示す。なお、等号はどちらについても良い。

5

【0031】こうして求められた各々の周速は、スライダ走行速度として浮上解析装置に出力される（ステップ304, 305, 306）。

【0032】次に、ディスク周速差を求める計算方法の一例を示す。

【0033】図4に、現在生産されている磁気ディスク装置のテーバフラット型スライダ9の形状の一例を、図5に、ディスク周速算出の一例を示す説明図を示す。

【0034】図5において、 X_s, Y_s はスライダ座標系の座標軸であり、 X_c, Y_c はアーム座標系の、 X_d, Y_d はディスク座標系の座標軸である。

【0035】ここで、ディスク座標系とは、ディスク回転中心を原点とした慣性座標系であり、アーム座標系はアームをX軸とし、アーム回転中心を原点とする座標系であり、スライダ座標系はスライダの二辺をX, Y軸とするスライダ固定の座標系である。

【0036】図5よりディスク座標系に対してアームが角度 ψ_s で傾いており、アーム座標系に対してスライダが角度 ψ_s で傾いている場合を考える。このとき、アーム座標系はディスク座標系に対して角度 ψ_s 、スライダ座標系はアーム座標系に対して角度 ψ_s 傾いていることになる。

【0037】ディスク座標系の原点からアームの回転中心までは、Lの距離があり、アームの長さはrとおく。*

$$(X_s, Y_s) \rightarrow (X_d, Y_d) \quad \dots (数1)$$

変換する際、アーム座標系を介しても良い。

※【数2】

【0044】

※

$$(X_s, Y_s) \rightarrow (X_c, Y_c) \rightarrow (X_d, Y_d) \quad \dots (数2)$$

このようにして、スライダ座標系における任意の点(X_s, Y_s)は、アーム座標系において(X_c, Y_c)、ディスク座標系においては(X_d, Y_d)となる。

【0045】次に、図6のディスク、アーム回転速度演算部602は、ディスク回転中心を原点とする慣性座標系であるディスク座標系において、スライダ上の任意の点(X_d, Y_d)のディスク回転速度、及び、アーム回転速度を求める。

【0046】図8に、(X_d, Y_d)における各々の回転速度を求める説明図を示す。ここで、ディスク回転中★

$$V_d = LAR \times \Omega D$$

… (数3)

【0048】

☆40☆【数4】

$$V_r = SMR \times \Omega C$$

… (数4)

(但し、×は外積)

次の図6のディスク回転速度変換部603は、ディスク回転速度ベクトル V_d を、スライダに固定されたスライダ座標上の慣性座標系からみた回転速度ベクトル V_{sd} ◆

$$V_{sd} = AV_d$$

変換する際、アーム座標系を介すると、アーム座標系における回転速度ベクトル V_{cd} 、ディスク座標系からアーム座標系への変換行列をB、アーム座標系からスライダ座標系への変換行列をCとおくと、座標変換は数6、

*また、ディスクは角速度 ω_d で回転しており、アームは角速度 ω_c で動いているものとする。

【0038】今、スライダ上における任意の点(X_s, Y_s)を考える。ディスク回転中心から任意の点(X_s, Y_s)までの距離を lar 、アーム回転中心から任意の点(X_s, Y_s)までの距離を smr とおく。

【0039】ディスク周速差は、スライダ座標系において、ディスク回転速度 v_d とアーム回転速度 v_r を合成して求める。任意の点(X_s, Y_s)における合成速度は、周速差演算装置3において、図6に示す手順で求められる。

【0040】図6はディスク周速差演算装置において、スライダ座標系における合成速度を求める構成の一例を示している。これは、次に示す五つの部分から構成される。なお、合成速度はベクトルで考えることとし、各成分のベクトル量は各成分の大文字で表わす。

【0041】まず、図6の座標変換部601は、スライダ座標系の任意の点をディスク座標系の座標値に変換する。

【0042】図7に示すように座標変換を行って、同一点が各座標系において、違う座標値で表わされる。

【0043】

【数1】

★心から(X_d, Y_d)までの距離をベクトルで考えてLAR、ディスク回転角速度をベクトルで考えることにより ΩD とおく。また、アーム回転中心から(X_d, Y_d)までの距離のベクトルをSMR、アーム回転角速度を同じくベクトルで考えて ΩC とおくと、ディスク回転速度ベクトル V_d 、及び、アーム回転速度ベクトル V_r は、数3、数4で与えられる。

【0047】

【数3】

◆に変換する。ディスク座標系から、スライダ座標系への変換行列をAとおくと、座標変換は数5で行われる。

【0049】

【数5】

… (数5)

数7となる。

【0050】

【数6】

$$\begin{matrix} 7 \\ Vcd=Bvd \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 8 \\ \dots \text{ (数6)} \end{matrix}$$

【0051】

* * 【数7】

$$Vsd=CVcd$$

… (数7)

このようにして、スライダ座標系におけるディスク回転速度ベクトル Vsd が求まる。

【0052】次の図6のアーム回転速度変換部604は、アーム回転速度ベクトル Vr を、スライダに固定されたスライダ座標上の慣性座標系からみた回転速度ベク

$$Vsr=A' Vr$$

… (数8)

変換する際、アーム座標系を介すると、アーム座標系における回転速度ベクトル Vcr 、ディスク座標系からアーム座標系への変換行列を B' 、アーム座標系からスライダ座標系への変換行列を C' とおくと、座標変換は数★

$$Vcr=B' Vr$$

… (数9)

【0055】

☆ ☆ 【数10】

$$Vsr=C' Vcr$$

… (数10)

このようにして、スライダ座標系におけるアーム回転速度ベクトルが求まる。最後に、図6の合成速度演算部605は、スライダ座標系において、ディスク回転速度ベクトル Vsd と、アーム回転速度ベクトル Vsr を合成し、合成ベクトル Vs を求める。

$$Vs=Vsd-Vsr$$

このようにして、スライダ座標系の一点におけるディスク、及び、アーム回転速度ベクトルの合成ベクトル Vs が求まる。

【0058】スライダの走行速度ベクトルを Us とおく*

$$Vs=Vsd-Us$$

このようにして、スライダを複数個の微小な領域に分割して各々の領域、もしくは、点におけるディスク周速ベクトルを計算し、周速差別装置6での判別結果に基づいてスライダ走行速度を決定し、スライダ浮上解析装置7に出力する。

【0060】スライダ浮上解析装置7では、各々のスライダ走行速度に基づいて、浮上量、浮上姿勢、及び、発生圧力等を図2に示した計算方法の一例を用いて計算し、その結果を結果出力装置8に出力する。

【0061】結果出力装置8は、浮上解析装置7によって得られた空気膜の圧力分布や浮上高さなどのデータを出力する装置であって、プリンタ、CRT、プロッタ等の手段である。

【0062】以上のように、本実施例によれば、スライダを微小に分割して各領域のディスク周速ベクトルを求め、その周速差の大小によって、スライダの走行速度をディスク周速分布で表わすか、代表的な一点のディスク周速で表わすかを切り替えることにより、スライダの発生圧力、浮上姿勢、及び、浮上量を、効率良く求めることができ、より正確で、高精度な浮上量、及び、圧力分布を算出できる。また、必要でない計算を省くこともできるため、計算費用を節約することも可能となる。

【0063】なお、本発明における周速差演算装置は、

※トル Vsr に変換する。ディスク座標系から、スライダ座標系への変換行列を A' とおくと、座標変換は数8式で行われる。

【0053】

【数8】

10★9、数10で与えられる。

【0054】

【数9】

◆【0056】このとき、スライダ座標系から見てアーム回転速度は負の成分になるため、合成ベクトルは数11で与えられる。

20 【0057】

【数11】

… (数11)

*と、合成ベクトル Vs は数12で与えられる。

【0059】

【数12】

… (数12)

コンピュータを用いてソフトウェア的に実現してもかまわない。

30 【0064】

【発明の効果】本発明によれば、ディスクが小さくスライダの周速差が大きい場合や、スライダのヨー角が大きくなって浮上量が低下し、より正確な計算が求められる場合でも、高精度なスライダ浮上解析装置を提供することができる。合わせて、スライダの発生圧力、浮上姿勢、及び、浮上量を、効率良く求められ、より正確で、高精度な浮上量、及び、圧力分布を算出できる。同時に、計算費用を節約することも可能となる。

【図面の簡単な説明】

40 【図1】本発明における浮上解析装置のブロック図。

【図2】浮上解析装置2の計算方法の一例のアルゴリズムを示す説明図。

【図3】本発明の周速差演算装置の計算方法のアルゴリズムを示す説明図。

【図4】本発明における解析対象のスライダの一例を示す説明図。

【図5】本発明のディスク周速を計算するための計算方法の説明図。

【図6】本発明のディスク周速の合成速度を計算する構成の一例を示すブロック図。

9

10

【図7】本発明の周速差演算装置の座標変換の説明図。

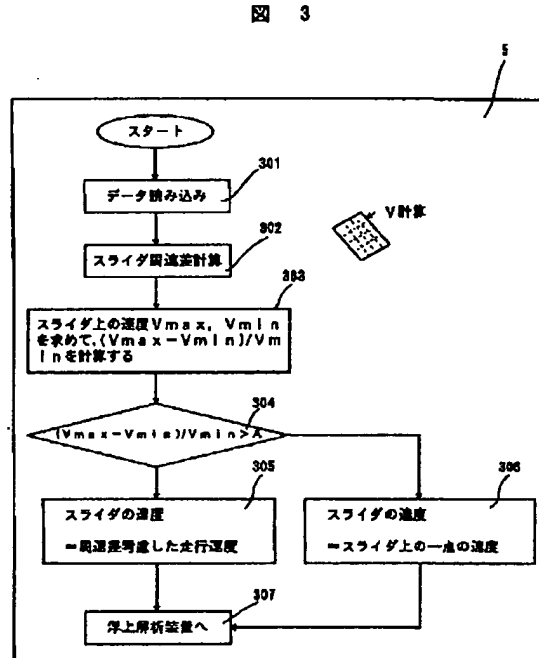
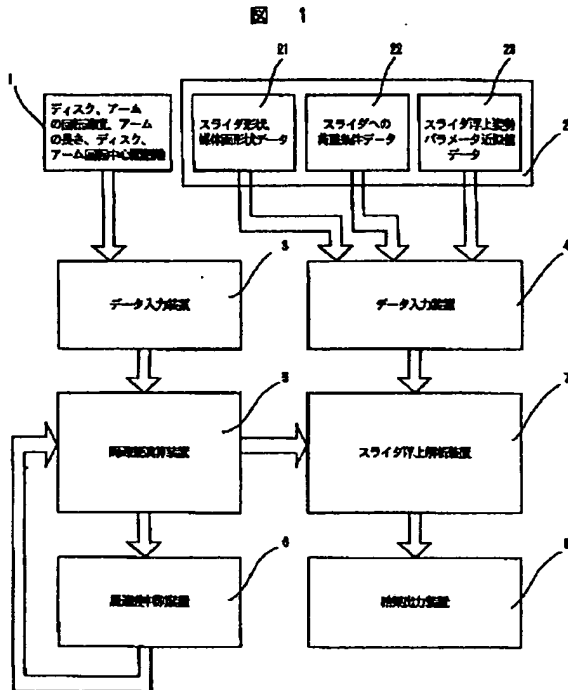
【図8】本発明の周速差演算装置の回転速度計算方法の説明図。

【符号の説明】

1…第一の記憶手段、2…第二の記憶手段、3、4…データ入力装置、5…周速差演算装置、6…周速差別装置、7…スライダ浮上解析装置、8…結果出力装置、9…テーバフラット型スライダ、21、22、23…記憶部。

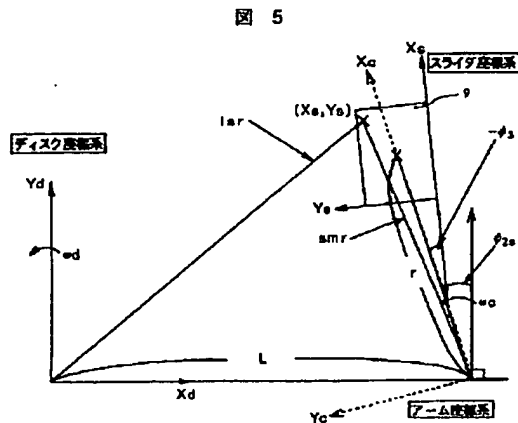
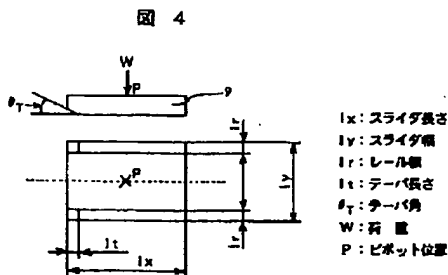
【図1】

【図3】



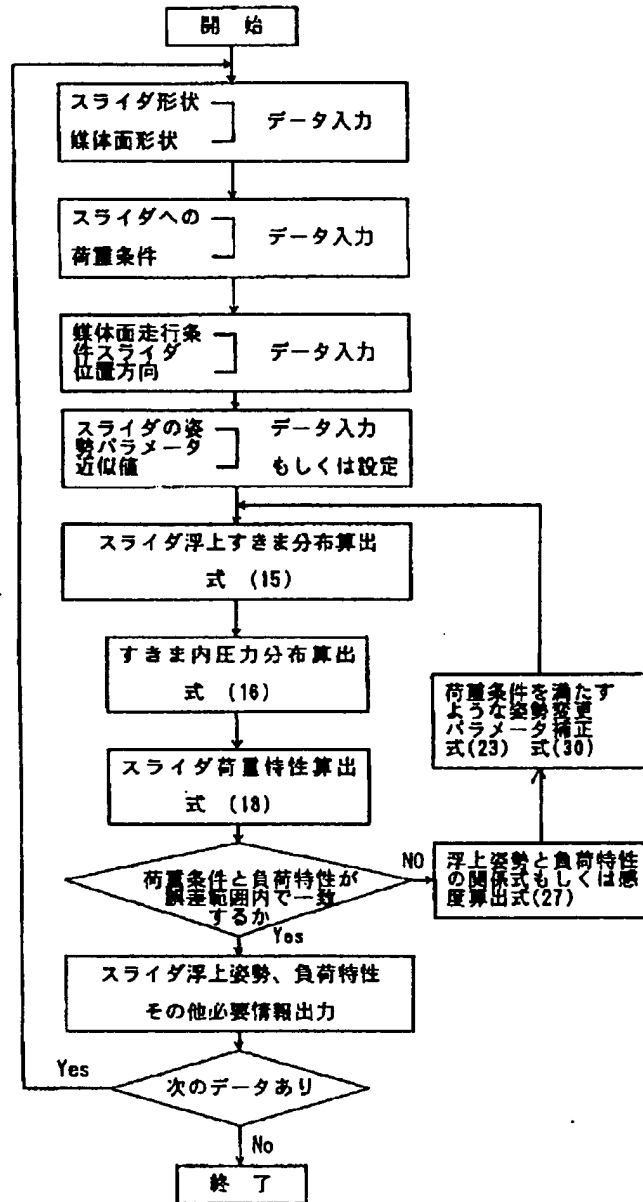
【図4】

【図5】



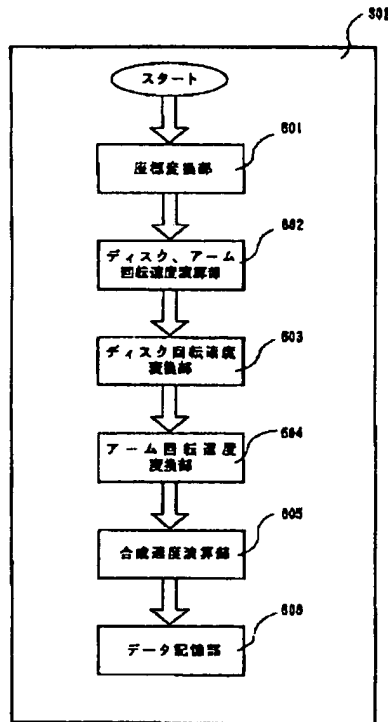
【図2】

図 2



【図6】

図 6



【図7】

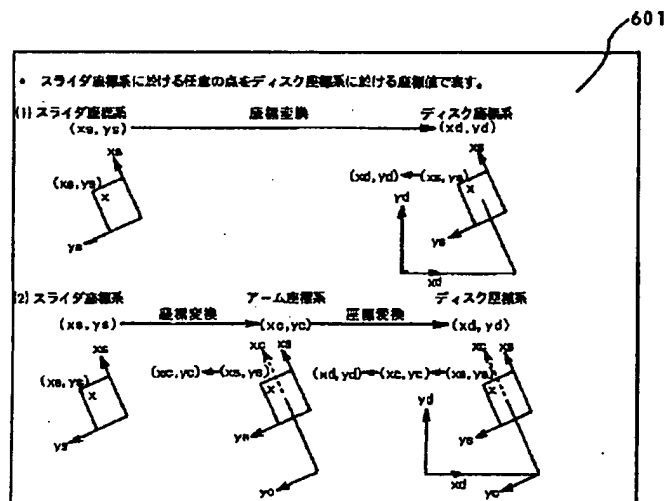


図 7

【図8】

